

M

**PCT**

**WO 02/01102 A1**

**Déclarations en vertu de la règle 4.17 :**

- relative au droit du déposant de demander et d'obtenir un brevet (règle 4.17.ii) pour les désignations suivantes AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VN, YU, ZA, ZW, brevet ARIPO (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), brevet eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG)
- relative au droit du déposant de revendiquer la priorité de la demande antérieure (règle 4.17.iii) pour la désignation suivante US

- relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17.iv) pour US seulement

**Publiée :**

- avec rapport de recherche internationale
- avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

-1-

**JOINT FILETÉ TUBULAIRE APTE À SUBIR UNE EXPANSION DIAMÉTRALE**

L'invention concerne un joint fileté tubulaire apte à subir une déformation plastique par expansion diamétrale et le joint obtenu après une telle expansion.

5 On connaît des joints filetés tubulaires réalisés entre deux tubes de grande longueur ou entre un tube de grande longueur et un manchon et utilisés notamment pour constituer des colonnes de tubes de cuvelage (« casings ») ou de production (« tubings ») pour des puits d'hydrocarbures ou pour des puits similaires tels que pour la géothermie.

10

Traditionnellement les puits sont forés avec des outils de différents diamètres, le haut du puits étant foré à l'aide d'un outil de gros diamètre, de l'ordre par exemple de 500 mm, alors que le fond du puits est foré avec un diamètre plus faible, de l'ordre de 150 mm. Les puits sont de ce fait cuvelés à l'aide de plusieurs colonnes

15 concentriques toutes suspendues depuis la surface, les tubes de plus gros diamètre s'étendant depuis la surface jusqu'à quelques centaines de mètres de profondeur et les tubes de plus petit diamètre s'étendant depuis la surface jusqu'au fond du puits. L'espace entre tubes de cuvelage et le terrain est généralement cimenté.

20 Lorsque le puits est entièrement foré et cuvelé, une colonne de tubes de production est descendue à l'intérieur de la colonne de tubes de cuvelage de plus faible diamètre pour notamment permettre la remontée des hydrocarbures jusqu'à la surface.

25 Equiper un puits conduit donc à mettre en œuvre un grand nombre de tubes de différentes dimensions et les plus minces possibles pour ne pas nécessiter de trop gros diamètres de tubes de cuvelage près de la surface.

Compte tenu des caractéristiques mécaniques exigées, les tubes de cuvelage et

30 ceux de production sont généralement en acier traité thermiquement et ils sont assemblés les uns aux autres par joints filetés, l'épaisseur des joints filetés étant généralement plus grande que celle de la partie courante des tubes et imposant les écarts de diamètres entre colonnes concentriques.

-2-

La spécification API 5 CT de l'American Petroleum Institute définit ainsi des joints  
filetés tubulaires entre deux tubes de grande longueur ("integral-joint tubing",  
"extreme-line casing") et des assemblages filetés manchonnés comportant deux  
joints filetés permettant d'assembler deux tubes de grande longueur à l'aide d'un  
5 manchon.

De nombreux brevets sont venus perfectionner ces joints et assemblages filetés :  
par exemple les brevets FR 1.489.013, EP 0 488 912, US 4,494,777 ont visé à  
réaliser des joints filetés tubulaires dits supérieurs ou "premium" particulièrement  
10 étanches grâce à des portées d'étanchéité métal-métal et à des butées entre  
éléments mâles et femelles.

Très récemment, de nouveaux modes d'utilisation des colonnes tubulaires de puits  
d'hydrocarbures sont envisagés consistant à gonfler de 10 à 20 % le diamètre des  
15 tubes de la colonne à l'aide d'un boulet dont le passage est forcé à l'intérieur de la  
colonne : voir brevets ou demandes de brevet WO 93/25799, WO 98/00626,  
WO 99/06670, WO 99/35368, WO 00/61915, GB 2344606, GB 2348657.

Une telle expansion peut permettre par exemple de mettre en place une colonne de  
20 tubes de cuvelage sans avoir à cimenter l'espace entre la surface périphérique  
extérieure des tubes et la surface du trou foré dans le sol ou en descendant une  
colonne de faible encombrement par rapport au trou.

Une telle expansion peut également permettre de colmater les trous d'un tube de  
25 cuvelage ou de production percé par la corrosion ou par le frottement des tiges de  
forage ou de descendre dans le puits des tubes de faible encombrement qui seront  
expansés au diamètre souhaité une fois en place.

Mais la technique d'expansion peut surtout permettre de forer des puits de diamètre  
30 uniforme sur toute leur longueur dont le cuvelage est réalisé par une colonne de  
tubes tous de même diamètre, les tubes étant introduits à l'état non expansé puis  
étant expansés in situ au diamètre du puits.

Il est alors possible de diminuer fortement le nombre de tubes nécessaire pour  
35 équiper un puits en supprimant les tubes de plus gros diamètre et de plus forte  
épaisseur, donc le coût du puits. Il peut même être envisagé de forer le puits

-3-

directement avec la colonne de tubes de cuvelage qui jouerait le rôle de train de tiges de forage.

Cependant les joints filetés tubulaires de l'état de la technique tels que ceux selon le  
5 brevet US 4,494,777 ne permettent pas de telles utilisations.

On constate après expansion sur ces joints :

- 10 - une absence d'étanchéité qui empêche notamment de réaliser l'expansion en poussant hydrauliquement le boulet dans la colonne ;
- 15 - une flèche de l'extrémité mâle vers l'intérieur du joint qui réduit considérablement et de manière inacceptable le diamètre intérieur opérationnel de la colonne en réalisant une saillie intérieure dans l'espace défini par le diamètre intérieur opérationnel ;
- 20 - éventuellement la rupture de la lèvre par dépassement de la capacité de déformation de certaines zones particulièrement sollicitées du fait des variations d'épaisseur tout au long des éléments mâles et femelles par rapport à l'épaisseur au corps du tube.

C'est pourquoi les documents cités plus haut concernant les techniques d'expansion ne décrivent pour les modes de réalisation des jonctions entre tubes que des joints soudés (bobines de tubes raboutés préalablement par soudage déroulées depuis la  
25 surface) ou des joints frottants (« slips ») alors que les joints filetés sont par ailleurs reconnus pour leurs performances combinant résistance mécanique, étanchéité en toutes conditions de service et possibilité de démontage-remontage plusieurs fois de suite.

- 30 A noter que l'on connaît par les documents US 5 924 745 et WO 98/42947 des joints filetés pour assembler des tubes dits EST (expansible slotted tubings) munis de fentes longitudinales permettant l'expansion diamétrale de tubes aux fonds de puits d'hydrocarbures par passage d'un mandrin d'expansion dans ces tubes. De tels joints filetés ne visent aucune caractéristique d'étanchéité, étant donné que les tubes  
35 sont munis de fentes traversant la paroi des tubes et permettent à un fluide extérieur

-4-

au tube (hydrocarbure provenant du gisement) d'entrer dans le tube pour y être remonté en surface.

On a donc cherché à réaliser un joint fileté tubulaire qui soit apte à résister à  
5 l'opération d'expansion dans le puits et qui soit étanche aux liquides voire si possible aux gaz après ladite opération d'expansion.

On a aussi cherché à ce que le joint fileté tubulaire soit simple et économique à  
10 produire.

On a en outre cherché à ce que le joint fileté possède de bonnes caractéristiques  
15 métallurgiques en service donc après expansion, notamment à ce qu'il présente dans cet état une limite d'élasticité suffisante, à ce qu'il soit exempt de fragilité et à ce qu'il présente de bonnes caractéristiques à la fissuration sous contrainte par H<sub>2</sub>S.

20 Selon la présente invention, le joint fileté tubulaire apte à être expansé comprend un élément fileté mâle avec un filetage mâle extérieur en extrémité d'un premier tube et un élément fileté femelle avec un filetage femelle intérieur en extrémité d'un second tube.

25 L'élément fileté mâle comprend au-delà du filetage mâle en allant vers l'extrémité libre de l'élément une lèvre mâle non filetée ayant une surface périphérique extérieure et se termine par une surface d'extrémité mâle de forme annulaire et d'orientation partiellement transversale.

30 L'élément fileté femelle comprend un filetage femelle conjugué du filetage mâle et un logement femelle non fileté pour la lèvre mâle. Ce logement comporte une surface périphérique intérieure et une surface d'épaulement femelle de forme annulaire et d'orientation partiellement transversale reliée à la surface périphérique intérieure du second tube.

Le filetage mâle est vissé dans le filetage femelle jusqu'à une position où la surface d'extrémité mâle est engagée contre la surface d'épaulement femelle.

35 Selon une caractéristique générale de l'invention rendant le joint fileté tubulaire apte à être étanche et à présenter une section de passage intérieur maximale après avoir

-5-

subi une expansion diamétrale dans le domaine des déformations plastiques, les surfaces d'extrémité mâle et d'épaulement femelle possèdent des formes complémentaires l'une de l'autre réalisant avant expansion l'encastrement de la surface d'extrémité mâle par celle d'épaulement femelle.

5

De plus, la surface périphérique extérieure de la lèvre mâle est disposée à faible jeu de la surface périphérique intérieure du logement femelle.

10 L'encastrement de la surface d'extrémité mâle dans celle d'épaulement femelle impose un moment de flexion à l'extrémité libre de la lèvre mâle lorsque la zone de pleine épaisseur du second tube situé au-delà de l'épaulement femelle est inclinée lors de l'expansion par rapport à l'axe de l'assemblage

15 L'encastrement permet de constituer sur le joint fileté à l'état expansé diamétralement une zone d'étanchéité annulaire par pression de contact métal/métal entre une partie de la surface périphérique extérieure de la lèvre mâle et une partie correspondante de la surface périphérique intérieure du logement femelle.

20 L'encastrement empêche aussi toute tendance naturelle de ladite extrémité libre à plonger vers l'intérieur de la colonne lors de l'expansion et y faire saillie intérieure en l'absence d'un tel encastrement.

Ce comportement lors de l'expansion constaté par les inventeurs de manière inattendue sera explicité dans la partie détaillée de la description.

25

Par faible jeu entre surface périphérique extérieure de lèvre mâle et surface périphérique intérieure de logement femelle, on entend des jeux mesurés perpendiculairement à ces surfaces inférieurs ou égaux à 0,3 mm.

30 L'absence d'interférence radiale sensible entre surface périphérique extérieure de lèvre mâle et surface intérieure de logement femelle due à ce jeu fait que ces surfaces périphériques ne jouent pas de rôle de portées d'étanchéité sur le joint non expansé. Les inventeurs ont en effet constaté qu'une interférence radiale de ces surfaces avant expansion du joint fileté n'était pas nécessaire pour obtenir un joint  
35 étanche après expansion.

-6-

Ils ont par contre constaté qu'un espace trop important entre ces surfaces ne permet pas de réaliser leur frettage après expansion, frettage nécessaire pour obtenir un joint fileté étanche.

- 5 On connaît dans l'état de la technique le brevet US 4,611,838 qui décrit un joint fileté ayant une lèvre mâle en correspondance avec un logement femelle et présentant une surface annulaire d'extrémité mâle comportant une dent annulaire et une surface annulaire d'épaulement femelle comportant une rainure annulaire, en butée l'une contre l'autre, la lèvre mâle possédant une surface périphérique extérieure torique et  
10 le logement femelle possédant une surface périphérique intérieure conique.

Ces surfaces périphériques interfèrent radialement en fin de vissage pour constituer des portées d'étanchéité, le brevet US 4,611,838 visant à maximiser l'interférence radiale de la surface périphérique torique extérieure de la lèvre mâle avec la surface  
15 périphérique conique intérieure du logement femelle en fin de vissage (et par là même l'étanchéité du joint fileté) grâce à la forme de ces surfaces périphériques et à l'effet de support de la surface inférieure de la rainure pour la surface inférieure de la dent.

- 20 Mais la surface d'extrémité mâle selon ce brevet n'est pas totalement encastrée dans celle de l'épaulement femelle du joint fileté et ne permet donc pas de transmettre un moment de flexion à l'extrémité libre de la lèvre mâle du fait de l'espace libre entre la paroi supérieure de la languette à l'extrémité libre de celle-ci et la paroi supérieure de la rainure au fond de celle-ci.

25 Rien ne suggère dans ce document les effets sur les portées d'étanchéité d'une expansion diamétrale avec déformation plastique ni même que ce joint fileté puisse subir une telle expansion avec succès. L'expérience acquise par les inventeurs montre que l'étanchéité d'un joint fileté selon le document US 4,611,838 ne peut être  
30 assurée après une telle expansion.

Le brevet US 3,870,351 présente une configuration de lèvre et d'extrémité mâles et de logement femelle voisine de la configuration du brevet US 4,611,838, la surface d'extrémité libre mâle étant bombée convexe et portant contre une surface  
35 d'épaulement femelle bombée concave de manière à réaliser deux jeux de portées d'étanchéité métal-métal, l'un au niveau des surfaces bombées, l'autre jeu étant



-7-

disposé sur la surface périphérique extérieure de lèvre mâle et sur la surface périphérique intérieure de logement femelle. Une telle configuration permet d'augmenter l'interférence radiale entre les portées d'étanchéité périphériques.

- 5 La demande de brevet WO 99/08034 décrit un joint fileté à filets carrés ayant une lèvre mâle en correspondance avec un logement femelle et présentant des surfaces annulaires d'extrémité mâle et d'épaulement femelle en forme de feuillures en butée et encastrées l'une dans l'autre. La surface périphérique extérieure de la lèvre mâle et la surface périphérique intérieure du logement femelle présentent des parties
- 10 cylindriques qui interfèrent radialement entre elles pour former un jeu de portées d'étanchéité périphériques en fin de vissage lorsque les feuillures mâle et femelle sont encastrées.

- Le brevet US 6047997 décrit enfin une structure de tiges de forage pour conduits
- 15 souterrains pour lesquels il n'y a pas d'exigence particulière d'étanchéité. La surface d'extrémité mâle selon ce brevet est encastrée dans une surface d'épaulement femelle mais les figures font apparaître un espace important entre la surface périphérique extérieure de la lèvre mâle et la surface périphérique intérieure du logement femelle.

- 20 Aucun de ces quatre documents cités ne présente une structure identique à celle revendiquée pour la présente invention. Aucun n'envisage non plus l'expansion diamétrale des joints filetés qu'ils décrivent ni la possibilité d'obtenir des joints filetés étanches après une telle expansion.

- 25 Préférentiellement, selon la présente invention, la surface d'extrémité mâle possède pour son encastrement dans celle d'épaulement femelle la forme d'une feuillure constituée par une surface transversale du côté dirigé vers l'intérieur du joint fileté et du côté opposé de la feuillure une languette annulaire se projetant axialement. La
- 30 surface d'épaulement femelle possède pour coopérer avec la surface d'extrémité mâle la forme d'une feuillure constituée par une surface transversale du côté dirigé vers l'intérieur du joint fileté et une rainure annulaire du côté opposé, la surface transversale de feuillure mâle coopérant avec celle de feuillure femelle et la languette annulaire coopérant avec la rainure annulaire.

35

-8-

Très préférentiellement pour la présente invention, les parois annulaires de la rainure frettent celles de la languette.

Avantageusement, en position assemblée, les surfaces transversales de feuillure du  
5 côté intérieur de celle-ci sont en butée l'une contre l'autre. Alternativement elles peuvent simplement être en quasi-contact.

Préférentiellement aussi l'épaisseur radiale de la languette de la feuillure mâle est sensiblement égale à celle de la surface transversale de la même feuillure.

10

Préférentiellement aussi la hauteur mesurée axialement de la languette de la feuillure mâle est sensiblement égale à son épaisseur radiale.

Préférentiellement aussi la surface périphérique extérieure de lèvre mâle et la  
15 surface périphérique intérieure de logement femelle sont des surfaces cylindriques : l'usinage de ces surfaces non interférentes est donc particulièrement aisé et peu coûteux.

Avantageusement, l'épaisseur de la lèvre mâle est comprise entre  $1/3$  et  $2/3$  de  
20 l'épaisseur du premier tube.

Cette fourchette d'épaisseur de lèvre mâle permet d'assurer une section critique en pied de filetage suffisante pour une résistance adéquate à la traction axiale du joint fileté.

25

Avantageusement aussi, le rapport entre la longueur et l'épaisseur de la lèvre mâle est compris entre 1 et 4, la longueur de la lèvre mâle étant mesurée jusqu'à l'aplomb de la surface transversale de la feuillure mâle.

30 La valeur minimale de ce rapport permet la déformation plastique de la lèvre mâle et du logement femelle lors de l'expansion ; ces déformations plastiques génèrent des surfaces portant l'une sur l'autre avec une pression de contact élevée et donc l'étanchéité du joint fileté après expansion.

-9-

La valeur maximale de ce rapport permet d'éviter un flambement non maîtrisé de la lèvre mâle, flambement qui se traduirait par la saillie de ladite lèvre à l'intérieur de la colonne de tubes.

- 5 Très avantageusement, l'élément fileté mâle présente une gorge en extrémité de filetage entre filetage et lèvre mâle. Cette gorge facilite la déformation plastique de la lèvre mâle durant l'expansion du joint fileté.

- 10 De préférence, la gorge a une profondeur sensiblement égale à la hauteur du filet mâle de sorte que le fond des filets mâles aboutit en fond de gorge.

- De préférence également, la gorge a une longueur comprise entre 2 et 8 fois sa profondeur. Un rapport longueur/profondeur inférieur à 2 ne permet pas à la gorge de faciliter la déformation plastique de la lèvre. Un rapport longueur/profondeur  
15 supérieur à 8 se traduit par un risque important de flambement de la matière vers l'intérieur de la colonne lors de l'expansion.

- L'invention peut avantageusement s'appliquer tant à des joints filetés à filetages coniques qu'à des joints filetés à filetages cylindriques à simples et/ou multiples  
20 étages.

- Avantageusement aussi, le premier tube et le second tube ont le même diamètre intérieur tant au niveau des éléments filetés qu'au niveau du corps des tubes, ce qui facilite les opérations d'expansion.

- 25 Avantageusement aussi, il en est de même pour les diamètres extérieurs.

- Très avantageusement, le joint fileté est de type intégral, c'est-à-dire que chaque tube est un tube de grande longueur qui comporte un élément fileté mâle à une  
30 extrémité et un élément fileté femelle à l'autre extrémité, l'élément mâle d'un tube étant vissé dans l'élément femelle d'un autre tube et ainsi de suite pour constituer une colonne.

- La présente invention vise ainsi à protéger un joint fileté étanche résultant de  
35 l'expansion diamétrale dans le domaine des déformations plastiques d'un joint fileté tel qu'exposé ci-dessus.

-10-

Préférentiellement, l'expansion diamétrale mise en œuvre est supérieure à 10 %.

La présente invention vise aussi à protéger les joints filetés exposés ci-dessus à l'état non expansé ou expansé dont les éléments filetés sont réalisés en acier  
5 comprenant des éléments avides d'azote rendant l'acier non sensible au vieillissement par écrouissage. L'acier est en outre traité thermiquement pour maximaliser ses caractéristiques d'allongement réparti. Il en résulte de bonnes caractéristiques d'emploi.

10 La présente invention vise encore à protéger un procédé de réalisation d'un joint fileté tubulaire étanche.

Selon ce procédé, on part d'un joint fileté tubulaire selon l'invention exposée ci-avant dit « joint fileté tubulaire initial » pour lequel aucune caractéristique d'étanchéité n'est  
15 exigée et on fait subir à ce joint fileté initial une expansion diamétrale dans le domaine des déformations plastiques à l'aide d'un boulet d'expansion de diamètre supérieur au diamètre intérieur des tubes du joint fileté initial, le boulet d'expansion étant déplacé axialement dans le joint fileté initial. La lèvre mâle et le logement femelle sont dimensionnés pour que la lèvre mâle et le logement femelle subissent  
20 d'abord ensemble lors du passage du boulet une déformation plastique de flexion alors que seul le logement femelle subit ensuite une déformation plastique en sens inverse de redressement, ce qui vient fretter en final la lèvre mâle par le logement femelle.

25 Préférentiellement, la flexion de la lèvre mâle est délimitée par la présence d'une gorge à l'extrémité de la lèvre mâle du côté du filetage mâle.

Préférentiellement encore, le joint fileté tubulaire mis en œuvre est du type intégral et le boulet d'expansion est déplacé de l'élément fileté mâle vers l'élément fileté  
30 femelle.

Les figures ci-après illustrent de manière non limitative des modes de réalisation de l'invention.

35 La figure 1 représente un joint fileté selon l'invention avant expansion diamétrale.

-11-

La figure 2 représente l'élément mâle du joint fileté de la figure 1.

La figure 3 représente l'élément femelle du joint fileté de la figure 1.

- 5 Les figures 4 à 7 représentent le joint fileté selon l'invention à diverses étapes du processus d'expansion.

La figure 4 représente la phase d'expansion du joint fileté.

- 10 La figure 5 représente la phase de flexion.

La figure 6 représente la phase de redressement.

La figure 7 représente l'état final du joint fileté ayant subi le processus d'expansion.

15

La figure 8 représente un détail de la figure 2 au niveau de l'extrémité libre mâle.

La figure 9 représente un détail de la figure 3 au niveau du logement femelle.

- 20 La figure 10 représente un détail de la figure 1.

- La figure 1 représente un joint fileté selon l'invention comprenant un élément fileté mâle 1 disposé en extrémité d'un premier tube 11, élément mâle qui est vissé en butée dans un élément fileté femelle 2 disposé en extrémité d'un second tube 12. Le
- 25 diamètre intérieur de l'élément fileté mâle est égal au diamètre intérieur DI des tubes 11, 12. Le diamètre extérieur de l'élément fileté femelle est en outre dans le cas présent égal au diamètre extérieur DE des tubes 11, 12 mais il peut en être autrement.

- 30 Le joint fileté est représenté sur la figure 1 à l'état simplement vissé en butée avant toute opération d'expansion diamétrale.

Le second tube 12 tel que représenté est un tube de grande longueur mais pourrait très bien être, de manière non représentée, un manchon muni de l'élément femelle 2

-12-

et d'un second élément femelle symétrique de ce dernier vissé à un élément mâle situé en extrémité d'un autre tube de grande longueur.

L'élément mâle 1 est représenté seul à la figure 2.

5

Il comprend un filetage mâle 3, conique à filets trapézoïdaux, et se prolonge vers son extrémité libre par une partie non filetée constituée par une gorge 21 et par une lèvre 5 et se termine par une surface annulaire d'extrémité mâle 9.

10 La gorge 21 possède une forme en U peu profond.

Elle démarre immédiatement au-delà du filetage et sa profondeur  $h_g$  est égale à la hauteur des filets du filetage 3. De la sorte le fond de la gorge arrive au pied du premier filet du filetage.

15

La largeur de la gorge  $l_g$  est sensiblement égale à 4 fois sa profondeur  $h_g$ .

La lèvre 5 présente :

20 a) une surface périphérique extérieure 7 de forme cylindrique,

b) une surface périphérique intérieure 19 qui correspond à la zone d'extrémité de la surface périphérique intérieure cylindrique du premier tube 11,

25 La lèvre 5 possède donc une épaisseur  $e_l$  uniforme sensiblement égale à la moitié de l'épaisseur  $e_t$  du tube 11. Elle possède une longueur  $l_l$  mesurée depuis l'extrémité de la gorge jusqu'à l'aplomb de la surface 15 (définie plus bas) sensiblement égale à 3 fois l'épaisseur de lèvre  $e_l$ .

30 La surface d'extrémité mâle 9 forme une feuillure représentée en détail à la figure 8. Cette feuillure est constituée d'une surface transversale annulaire mâle 15 et d'une languette 13 annulaire se projetant axialement. La surface transversale mâle 15 est située du côté de la feuillure dirigé vers l'intérieur du joint fileté.

35 Les parois 17, 25 de la languette 13 ne sont pas rigoureusement parallèles mais convergent légèrement vers l'extrémité libre de la languette ; ces parois sont donc

-13-

portées par des surfaces légèrement coniques coaxiales avec l'axe de l'assemblage et dont le demi-angle au sommet vaut 1 à 2 degrés.

5 L'épaisseur radiale (ed) de la languette 13 est sensiblement identique à celle de la surface transversale 15 tandis que la hauteur de la languette (hd) (ou projection axiale de celle-ci) est sensiblement égale à l'épaisseur radiale (ed) de cette même languette.

L'élément femelle 2 est représenté seul à la figure 3.

10

Il comprend un filetage femelle 4 à filets trapézoïdaux conjugué du filetage mâle 3 et une partie non filetée 6 située du côté opposé à l'extrémité libre de l'élément femelle par rapport au filetage femelle 4. Cette partie non filetée 6 forme un logement pour correspondre et coopérer avec la lèvre 5 de l'élément mâle 1.

15

Le logement femelle 6 présente une surface périphérique intérieure de logement 8 de forme cylindrique reliée d'un côté au filetage femelle 4 et de l'autre côté via un épaulement femelle 10 à la surface périphérique intérieure cylindrique 20 du second

20

tube 12. Le diamètre de la surface périphérique du logement 8 est très légèrement supérieur au diamètre de la surface périphérique extérieure 7 de la lèvre mâle 5 de sorte que les surfaces 7 et 8 peuvent coulisser l'une dans l'autre à faible jeu lors du vissage de l'élément mâle dans l'élément femelle, par exemple avec un jeu de 0,2 mm.

25

L'épaulement femelle (voir figure 9) présente une surface annulaire d'épaulement 10 qui est disposée de manière sensiblement correspondante et possède une forme sensiblement correspondante à celle d'extrémité mâle 9. La surface 10 forme une feuilure constituée d'une surface annulaire transversale femelle 16 et d'une rainure

30

annulaire 14.

La surface transversale femelle 16 est située du côté de la feuilure dirigé vers l'intérieur du joint fileté.

35 La rainure 14 possède une profondeur axiale (Pr) légèrement supérieure à la hauteur de la languette 13 de sorte que, en position assemblée, les surfaces transversales

-14-

annulaires mâles et femelles 15, 16 sont en butée l'une contre l'autre tandis que l'extrémité de la languette 13 n'est pas en appui contre le fond de la rainure 14 (voir figure 10).

- 5 Les parois 18, 26 de la rainure 14 ne sont pas rigoureusement parallèles mais convergent légèrement vers le fond de la rainure ; ces parois sont donc portées par des surfaces légèrement coniques coaxiales avec l'axe de l'assemblage et dont le demi-angle au sommet vaut 1 à 2 degrés comme le demi-angle au sommet des parois 17, 25 de languette 13.

10

La largeur radiale ( $l_r$ ) de la rainure n'est donc pas rigoureusement constante sur toute la profondeur de la rainure ; elle est adaptée pour que les parois périphériques de la languette 13 arrivent en contact avec les parois correspondantes de la rainure 14 un peu avant la position d'assemblage.

15

Ceci permet d'assurer à la fois le faible jeu requis entre les surfaces périphériques cylindriques de lèvres 7 et de logement 8 et le frottement de la languette 13 par la rainure 14. Ce frottement et la mise en butée des surfaces transversales 15, 16 constituent un mode préférentiel d'assurer l'encastrement de la surface d'extrémité

20

mâle 9 par celle d'épaulement femelle 10.

25

Les figures 4 à 7 explicitent les phénomènes de déformation qui se produisent lorsque l'on réalise au moyen d'un boulet une expansion diamétrale de l'ordre de 15 % sur des tubes assemblés par les joints filetés qui viennent d'être décrits et qui permettent d'obtenir en final un joint expansé étanche.

Une telle déformation effectuée sur des matériaux métalliques conduit à des déformations plastiques du métal.

30

On passe ainsi par exemple d'un diamètre extérieur de 139,7 mm (5" 1/2) sur le deuxième tube 12 en amont de l'expansion et par conséquent dans la partie non encore déformée à un diamètre extérieur de 157,5 mm (6,2") sur le premier tube 11 expansé (à l'aplomb ou en aval du cône de sortie 33 du boulet). Il faut de ce fait utiliser pour les tubes un métal qui accepte de telles déformations plastiques.



-15-

Les déformations plastiques générées augmentent la limite d'élasticité des produits : un tube possédant initialement une limite d'élasticité de 310 MPa (45 KSI) voit ainsi celle-ci augmenter à 380 MPa (55 KSI) après déformation.

- 5 L'expansion diamétrale est réalisée de manière connue à l'aide d'un boulet 30 (figure 4) de diamètre maximal adéquat dont on force le passage dans les tubes soit en le tirant à l'aide de tiges de forage soit en le poussant par exemple par une pression hydraulique.
- 10 Le boulet a par exemple une forme biconique avec un cône d'entrée 31 sur lequel se fait l'expansion, une partie cylindrique médiane 32 et une partie conique de sortie 33. Toutes les surfaces des parties de boulet sont raccordées entre elles par des rayons de raccordement adaptés.
- 15 La demande de brevet WO 93/25800 divulgue notamment des angles de cônes d'entrée particulièrement adaptés à l'expansion diamétrale de tubes dits EST pour l'exploitation de puits d'hydrocarbures.

- Les tubes 11, 12 ayant une section constante leurs extrémités ne posent pas de
- 20 problème particulier lors du passage du boulet pourvu que la capacité de déformation du métal dont ils sont faits soit suffisante.

- Les problèmes à résoudre viennent du fait que les éléments filetés en extrémité des tubes ont des épaisseurs plus faibles que celles au corps des tubes et tendent à se
- 25 déformer de manière différente entre les parties mâles et les parties femelles correspondantes.

- Ces déformations différentes, si elles sont maîtrisées en utilisant le joint fileté selon l'invention, permettent de réaliser un joint fileté étanche après expansion diamétrale
- 30 ne présentant pas de relief local rédhibitoire à l'intérieur de la surface périphérique intérieure des tubes.

Le processus d'expansion du joint fileté peut être décomposé en 4 phases qui font l'objet des figures 4 à 7.

-16-

Bien que l'opération d'expansion puisse tout à fait être effectuée dans le sens contraire et conduire à des résultats adéquats, on a représenté le mode préféré de déformation dans lequel le boulet se déplace de l'élément mâle 1 du premier tube 11 vers l'élément femelle 2 du second tube 12.

5

a) Phase d'expansion sur le cône du boulet

La figure 4 montre le joint fileté au cours de cette phase.

10 L'expansion est réalisée par le cône d'entrée 31 du boulet 30 et la figure 4 montre les filetages mâles 3 et femelles 4 en cours d'expansion diamétrale.

Sur la figure 4, le cône d'entrée 31 du boulet 30 amorce la déformation de la lèvre mâle et de la zone de logement correspondante femelle en les pliant pour les incliner  
15 par rapport à l'axe de l'assemblage.

Au cours de cette phase d'expansion, les efforts de réaction au passage du boulet 30 sont progressivement transférés du premier tube 11 vers le deuxième tube 12.

20

Du fait de ces efforts de réaction, la lèvre mâle 5 est comprimée axialement au cours de cette phase d'expansion par la surface annulaire d'épaulement femelle 10.

La fin de la phase d'expansion correspond à l'arrivée de l'extrémité libre de l'élément  
25 mâle à la fin du cône d'entrée 31 du boulet.

b) Phase de flexion

Au cours de cette phase, la lèvre mâle est située au niveau de la partie centrale 32  
30 du boulet : voir figure 5.

i) lèvre mâle

La lèvre mâle 5 est soumise à chacune de ses deux extrémités à des moments de  
35 flexion de sens opposés.

-17-

La surface d'extrémité mâle 9 est en effet encastrée dans la surface d'épaulement femelle 10 du fait des feuillures avec appuis 15, 16 et système freinant languette 13/rainure 14.

5 L'encastrement des feuillures oblige la zone d'extrémité libre de la lèvre mâle 5 à suivre l'inclinaison de la zone 22 de pleine épaisseur de l'élément femelle au-delà de l'épaulement, zone 22 qui est encore en cours d'expansion sur le cône d'entrée 31 du boulet et crée donc un moment de flexion à ce niveau.

10 L'autre extrémité de la lèvre, du côté filetage mâle 3, n'est plus supportée et impose au contraire à la lèvre un moment de flexion de plus opposé par rapport à celui en extrémité libre de lèvre.

Les moments de flexion de signe opposé aux 2 extrémités de la lèvre mâle  
15 entraînent la courbure en banane de la lèvre mâle 5 comme sur la figure 5, la surface périphérique extérieure 7 de la lèvre 5 prenant une forme bombée convexe.

L'état de compression axiale de la lèvre mâle 5 en fin de phase d'expansion facilite sa courbure sous l'effet des mouvements de flexion.

20

La gorge 21 située entre la lèvre mâle 5 et le filetage mâle 3 joue le rôle d'une rotule plastique qui accentue la courbure de la lèvre mâle en limitant la largeur sur laquelle cette courbure peut s'effectuer.

25 Il faut toutefois veiller dans ce cas à ce que les contraintes de compression axiale au niveau de la lèvre mâle n'induisent pas le flambement du métal 23 sous la gorge, ce qui se traduirait par une saillie du métal sous la gorge par rapport à la surface périphérique intérieure 19.

30 ii) logement femelle

Le même phénomène de flexion se produit sur le logement femelle.

La zone 22 de pleine épaisseur relativement rigide par rapport aux zones de lèvre  
35 relativement minces subit à son passage au niveau de la partie médiane une expansion additionnelle de sorte que le diamètre intérieur de la zone 22 devient

-18-

supérieur à celui de la zone médiane 32 du boulet. Le phénomène d'expansion additionnelle est décrit dans le document WO 93/25800.

c) Phase de redressement

5

Cette phase illustrée par la figure 6 correspond au passage de la zone 22 de pleine épaisseur femelle sur la partie médiane 32 du boulet 30.

i) logement femelle

10

La flexion générée dans la phase précédente tend à être ramenée à zéro sous l'effet de la tension et des contraintes circonférentielles, ce qui génère un état de contraintes axiales de flexion inverse par rapport à la courbure, produisant ainsi le redressement.

15

Le moment de flexion engendré par ces contraintes est proportionnel à l'épaisseur de matière en amont du redressement. Au moment d'arriver sur le tube 12 en pleine épaisseur (zone 22), le moment de flexion n'est alors pas suffisant pour redresser la zone périphérique intérieure du logement femelle qui tend à plonger alors vers l'axe du produit. Ce comportement se manifeste par une diminution locale de diamètre extérieur du tube 12.

20

ii) lèvre mâle

25

Au fur et à mesure du redressement de la partie femelle, la différence d'encombrement axial qui était générée par la flexion diminue. La lèvre mâle 5 perd donc progressivement son état de compression. Cela se poursuit avec la séparation des surfaces 15, 16 initialement en butée. Ce phénomène est renforcé par "le plongeon" de la surface périphérique intérieure 8 du logement femelle qui produit un effet d'ouverture des butées 15, 16.

30

La déformation en banane imposée dans la phase précédente est conservée.

d) Etat final

35

La figure 7 montre l'état final du joint fileté après le passage du boulet.

L'état de contraintes circonférentielles généré par l'expansion conduit à un frettage de la surface périphérique extérieure 7 de la lèvre mâle par celle intérieure 8 du logement femelle. On peut alors parler d'auto-frettage des surfaces 7, 8 du joint fileté à l'état expansé, ce qui permet d'assurer l'étanchéité. La lèvre mâle 5 ne plonge pas  
5 vers l'axe, car le déportement imposé par l'encastrement des feuillures 9, 10 a généré suffisamment de déformations plastiques.

Le retour élastique des éléments du joint fileté après passage du boulet est négligeable devant les déformations plastiques mises en jeu.

10

Le frettage radial induit une pression de contact de plusieurs dizaines de MPa, suffisante pour assurer une étanchéité aux pressions intérieures ou extérieures au joint fileté.

15 Une étanchéité est par ailleurs nécessaire lorsque l'expansion est réalisée en poussant hydrauliquement le boulet 30 sous une pression de 10 à 30 MPa, toute fuite au niveau des joints déjà expansés empêchant la pénétration du boulet plus avant dans la colonne et bloquant par conséquent le processus d'expansion.

20 On notera qu'à l'état final, il peut très bien advenir que la languette 13 ne repose plus dans la rainure 14 et notamment plus sur la paroi intérieure 18 de rainure.

Les caractéristiques objets de la revendication 1 et des revendications qui en dépendent permettent d'obtenir les résultats recherchés.

25

Une surface d'extrémité mâle 9 ne permettant pas un encastrement avec celle d'épaulement femelle 10 entraîne une plongée de cette extrémité lors de la phase de redressement qui voit la séparation des surfaces transversales 15 et 16 initialement en butée et il s'ensuit une saillie inacceptable de l'extrémité inférieure de la lèvre  
30 mâle à l'intérieur de la colonne. La colonne ne permet alors plus de descendre des appareillages ou des outils d'un encombrement donné.

Le jeu trop important entre surface périphérique 7 de la lèvre mâle 5 et surface périphérique 8 du logement femelle sur le joint fileté avant expansion ne permettrait  
35 pas le frettage de ces surfaces en fin d'opération d'expansion.

Une interférence radiale entre ces surfaces à l'état initial avant expansion est susceptible de gêner les déformations différentielles (courbure, redressement) entre ces surfaces lors des opérations d'expansion, déformations différentielles permettant de réaliser le fretage de ces surfaces en fin d'opération d'expansion.

5

La forme préférée en feuillure annulaire avec surfaces transversales 15, 16 et système languette 13/ rainure 14 permet d'empêcher la plongée de l'extrémité libre mâle, lors de l'expansion mais n'est qu'un exemple de mode de réalisation possible pour les surfaces encastrées 9, 10, d'autres modes étant possibles donnant le même

10

résultat.

Une lèvre mâle 5 trop mince, d'épaisseur  $e_1$  inférieure au tiers de l'épaisseur  $e_1$  des tubes 11, 12 ne permet pas de réaliser une butée efficace au niveau des surfaces transversales 15, 16.

15

Si l'épaisseur  $e_1$  de la lèvre mâle 5 est au contraire supérieure aux 2/3 de l'épaisseur  $e_1$  des tubes 11, 12, l'épaisseur du tube 12 au niveau de la zone de logement femelle entraîne une section critique de filetage femelle 4 trop faible et par conséquent une résistance insuffisante à la traction des filetages.

20

Le rapport longueur/ épaisseur de lèvre mâle 5 régit le comportement en compression et en flexion de la lèvre 5.

Une lèvre mâle 5 de longueur  $l_1$  inférieure à son épaisseur  $e_1$  ne permet pas la flexion suffisante de la surface périphérique 7 de la lèvre mâle 5 et/ou le redressement de la surface périphérique 8 du logement femelle.

25

30

Une lèvre mâle 5 de longueur  $l_1$  supérieure à 4 fois son épaisseur  $e_1$  peut entraîner un flambement de la lèvre mâle et une saillie intérieure de celle-ci du côté filetage.

Cet effet est accentué par la présence d'une gorge 21 entre filetage mâle 3 et lèvre mâle 5.

C'est pourquoi la gorge a préférentiellement une profondeur limitée à une hauteur de

35

filet et une longueur limitée par rapport à sa profondeur.

Exemple de réalisation

- 5        - Tubes de diamètre extérieur DE 139,7 mm et d'épaisseur nominale  $e_t$  7,72 mm ( $5^{1/2} \times 17,00$  lb/ft) en acier au carbone traité pour une limite d'élasticité minimale de 290 MPa (42 KSI) :

10        La composition chimique de l'acier et son traitement thermique sont adaptés pour obtenir des caractéristiques de ductilité les plus élevées possibles et plus particulièrement des caractéristiques élevées d'allongement réparti avant striction  $A_R$  lors de l'essai de traction ( $A_R$  supérieur ou égal à 15 % par exemple).

15        On choisira par exemple un acier à teneur en carbone suffisamment basse, voisine de 0,14 % (en poids), à teneur en manganèse relativement élevée, de l'ordre de 1 % et comportant une addition d'aluminium apte à fixer l'azote résiduel de l'acier.

20        Une teneur en Al de 0,035 % pour une teneur en azote de 0,010% est tout à fait convenable dans la mesure où l'acier est traité thermiquement par recuit ou par trempe suivie de revenu pour que l'addition d'Al soit effectivement à même de fixer l'azote. D'autres éléments chimiques connus pour fixer l'azote peuvent également être utilisés conjointement ou à la place de l'aluminium.

25        Une telle composition chimique qui vise à éliminer les teneurs en atomes interstitiels libres tels que ceux d'azote rend en outre l'acier insensible au phénomène néfaste de vieillissement après écrouissage qui détériore aussi les caractéristiques de ductilité.

30        L'acier peut être à l'état recuit (recuit de normalisation ou recuit de détente après travail à froid par exemple) ou dans un état structurellement équivalent.

- 35        - Joints filetés intégraux selon l'invention :
- filetages 3,4 coniques (conicité = 12,5 % sur le diamètre) à filets trapézoïdaux de hauteur radiale 1 mm et de pas axial 4 mm
  - lèvre mâle 5 de forme cylindrique

-22-

- épaisseur  $e_1$  de lèvre mâle 3,2 mm (41 % de l'épaisseur du tube)
  - longueur  $l_1$  de lèvre mâle = 11,5 mm
  - gorge 21 de profondeur  $h_g$  1 mm et de longueur  $l_g$  4 mm entre extrémité de filetage mâle 3 et lèvre mâle 5
- 5    • surface d'extrémité mâle 9 avec une languette 13 de hauteur axiale 1,8 mm et d'épaisseur radiale 1,8 mm
- résistance à la traction du joint fileté  $\geq 50$  % de la résistance à la traction de chacun des corps de tubes 11, 12.

10    - Résultats après expansion de la colonne de tubes :

- diamètre extérieur des tubes 11, 12 = 157,5 mm (6,2")
  - épaisseur des tubes : 7,2 mm
  - limite d'élasticité des tubes  $\geq 415$  MPa (60 KSI)
- 15    • dureté  $\leq 22$  HRc (valeur maximale spécifications NACE MR 01 75)
- passages satisfaisant aux tests suivants réalisés à l'état expansé et à l'état expansé + vieilli
    - essai d'éclatement sous pression intérieure
    - essai d'effondrement sous pression extérieure ("collapse")
- 20    → essai de tenue aux chocs Charpy V
- essai SSC de résistance à la fissuration par  $H_2S$  (SSC : "Sulfide stress cracking") selon spécification NACE TM 01-77
- Nota : NACE = National association of Corrosion Engineers (USA).

- 25    La description des modes de réalisations exposés n'exclut pas que la protection accordée à la présente invention puisse s'appliquer à des modes de réalisations non exposés en détail mais couverts par la présente invention.



-23-

## REVENDICATIONS

1) Joint fileté tubulaire apte à être expansé comprenant un élément fileté mâle (1) en extrémité d'un premier tube (11) et un élément fileté femelle (2) en extrémité d'un second tube (12), l'élément fileté mâle comprenant en allant vers l'extrémité libre dudit élément mâle un filetage mâle (3) et une lèvre mâle (5) qui comporte une surface périphérique extérieure (7) et se terminant transversalement par rapport à l'axe du joint fileté par une surface d'extrémité mâle (9) de forme annulaire, l'élément fileté femelle (2) comprenant un filetage femelle (4) correspondant au filetage mâle (3) et une partie non filetée (6) de logement femelle pour la lèvre mâle, ce logement femelle comprenant une surface périphérique intérieure (8) et une surface d'épaulement femelle (10), annulaire et d'orientation en partie transversale, le filetage mâle (3) étant vissé dans le filetage femelle (4) jusqu'à une position où la surface annulaire d'extrémité mâle (9) est engagée contre la surface d'épaulement femelle (10), caractérisé en ce que, pour rendre ledit joint fileté apte à être étanche et à présenter une section de passage intérieure maximale après avoir subi une expansion diamétrale dans le domaine des déformations plastiques, les surfaces annulaires d'extrémité mâle (9) et d'épaulement femelle (10) possèdent avant expansion des formes complémentaires l'une de l'autre réalisant l'encastrement de la surface d'extrémité mâle (9) par celle d'épaulement femelle (10) et en ce que la surface périphérique extérieure (7) de lèvre mâle (5) est disposée à faible jeu de la surface périphérique intérieure (8) du logement femelle (6).

2) Joint fileté tubulaire selon la revendication 1 caractérisé en ce que la surface d'extrémité mâle (9) possède la forme d'une feuillure constituée par une surface transversale (15) du côté intérieur du joint fileté et du côté opposé de la feuillure par une languette (13) annulaire se projetant axialement et en ce que la surface d'épaulement femelle (10) possède une forme de feuillure constituée par une surface transversale (16) du côté dirigé vers l'intérieur du joint fileté et par une rainure (14) annulaire du côté opposé, la surface transversale de feuillure mâle (15) coopérant avec la surface transversale de feuillure femelle (16) et la languette (13) coopérant avec la rainure (14).

3) Joint fileté tubulaire selon la revendication 2 caractérisé en ce que les parois annulaires de la languette (13) et de la rainure (14) sont disposées de manière à ce qu'en position assemblée du joint fileté, les parois annulaires (18, 26) de la rainure frentent radialement celles (17, 25) de la languette.

4) Joint fileté tubulaire selon la revendication 3 caractérisé en ce que les parois annulaires (17, 25) de la languette (13) sont légèrement coniques et convergent vers l'extrémité libre de la languette et en ce que les parois annulaires (18, 26) de la rainure (14) sont légèrement coniques et convergent vers le fond de la rainure, l'inclinaison des parois de rainure étant égale à celle des parois de languette.

5) Joint fileté tubulaire selon l'une quelconque des revendications 2 à 4 caractérisé en ce que les surfaces transversales de feuillure mâles et femelles (15, 16) sont en butée l'une contre l'autre.

10

6) Joint fileté tubulaire selon l'une quelconque des revendications 2 à 5, caractérisé en ce que l'épaisseur radiale ( $e_d$ ) de la languette (13) est sensiblement égale à celle de la surface transversale (15) de la feuillure mâle (9).

7) Joint fileté tubulaire selon l'une quelconque des revendications 2 à 6, caractérisé en ce que la hauteur mesurée axialement ( $h_d$ ) de la languette (13) est sensiblement égale à son épaisseur radiale ( $e_d$ ).

8) Joint fileté tubulaire selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que les surfaces périphériques extérieures (7) de lèvre mâle et intérieures (8) du logement femelle sont cylindriques.

9) Joint fileté tubulaire selon l'une quelconque des revendications 1 à 8 caractérisé en ce que la lèvre mâle (5) possède une épaisseur ( $e_l$ ) comprise entre 1/3 et 2/3 de l'épaisseur du premier tube (11).

10) Joint fileté tubulaire selon l'une quelconque des revendications 1 à 9 caractérisé en ce que la lèvre (5) possède une longueur ( $l_l$ ) et une épaisseur ( $e_l$ ) telles que le rapport longueur sur épaisseur de lèvre est compris entre 1 et 4.

30

11) Joint fileté tubulaire selon l'une quelconque des revendications 1 à 10 caractérisé en ce que l'élément mâle (1) présente une gorge (21) en extrémité du filetage mâle (3) entre filetage et lèvre mâle (5).

-25-

- 12) Joint fileté tubulaire selon la revendication 11 caractérisé en ce que la gorge (21) a une profondeur (hg) égale à la hauteur des filets mâles (3).
- 13) Joint fileté tubulaire selon la revendication 11 ou la revendication 12 caractérisé en ce que la gorge (21) a une longueur (lg) et une profondeur (hg) telles que la longueur de lèvre est comprise entre 2 et 8 fois sa profondeur.
- 14) Joint fileté tubulaire selon l'une quelconque des revendications 1 à 13 caractérisé en ce que le premier tube et le second tube (11, 12) ont le même diamètre intérieur (DI) tant au niveau des éléments filetés (1)(2) que du corps des tubes.
- 15) Joint fileté tubulaire selon la revendication 14, caractérisé en ce que le premier tube et le second tube (11, 12) ont le même diamètre extérieur (DE), tant au niveau des éléments filetés (1, 2) que du corps des tubes.
- 16) Joint fileté tubulaire selon la revendication 14 caractérisé en ce qu'il est du type intégral.
- 17) Joint fileté tubulaire étanche caractérisé en ce qu'il résulte d'un joint fileté tubulaire selon l'une quelconque des revendications 1 à 16 après une expansion diamétrale dans le domaine des déformations plastiques.
- 18) Joint fileté tubulaire étanche selon la revendication 17 caractérisé en ce que l'expansion diamétrale subie par le joint fileté tubulaire est supérieure à 10 %.
- 19) Joint fileté tubulaire selon l'une quelconque des revendications 1 à 18, caractérisé en ce que les éléments filetés (1) (2) sont réalisés en acier comprenant des éléments avides d'azote rendant l'acier insensible au vieillissement par écrouissage et en ce que l'acier est traité thermiquement pour maximiser ses caractéristiques d'allongement réparti.
- 20) Procédé de réalisation d'un joint fileté tubulaire étanche caractérisé en ce que l'on part d'un joint fileté tubulaire selon l'une quelconque des revendications 1 à 16 dit « joint fileté tubulaire initial » pour lequel aucune caractéristique d'étanchéité n'est exigée, en ce qu'on fait subir à ce joint fileté initial une expansion diamétrale dans le domaine des déformations plastiques à l'aide d'un boulet d'expansion (30) de

-26-

diamètre supérieur au diamètre intérieur (DI) des tubes du joint fileté initial, boulet qui est déplacé axialement dans le joint fileté initial, la lèvre mâle (5) et le logement femelle (6) étant dimensionnés pour que la lèvre mâle et le logement femelle subissent d'abord ensemble lors du passage du boulet une déformation plastique de flexion alors que seul le logement femelle subit ensuite une déformation plastique en sens inverse de redressement, ce qui vient frotter en final la lèvre mâle par le logement femelle.

21) Procédé de réalisation d'un joint fileté tubulaire étanche selon la revendication 10 20, caractérisé en ce que la flexion de la lèvre mâle (5) est délimitée par la présence d'une gorge (21) à l'extrémité de la lèvre mâle du côté du filetage mâle.

22) Procédé de réalisation d'un joint fileté tubulaire étanche selon la revendication 15 ou 21, caractérisé en ce que le joint fileté tubulaire mis en œuvre est du type intégral et en ce que le boulet d'expansion (30) est déplacé de l'élément fileté mâle (1) vers l'élément fileté femelle (2).

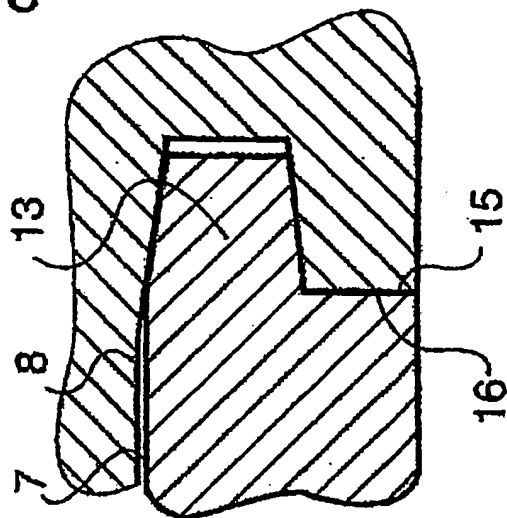
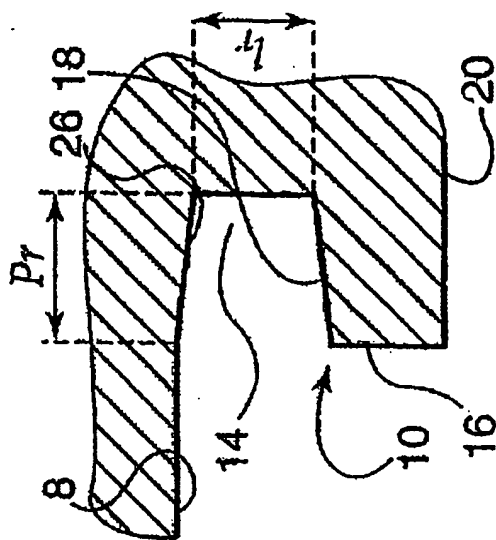
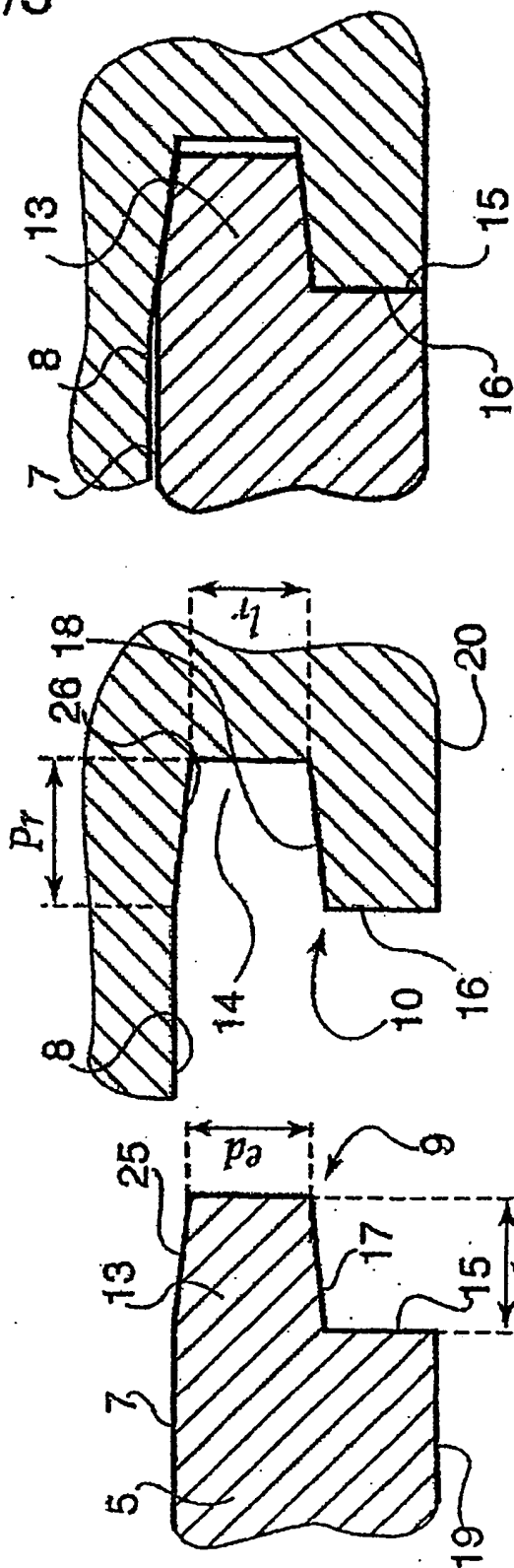
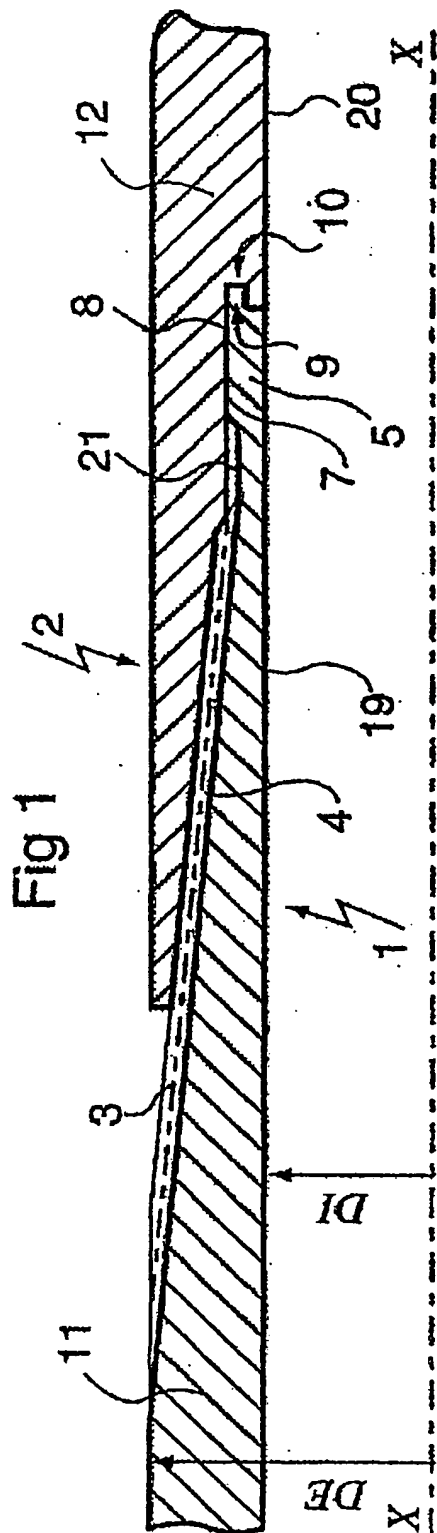




Fig 3

**Fig 2**

3/3

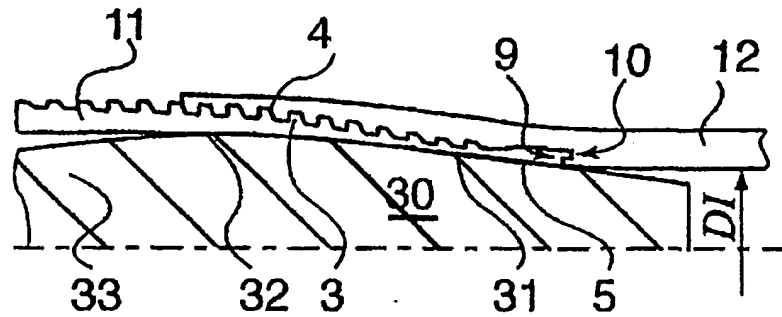


Fig 4

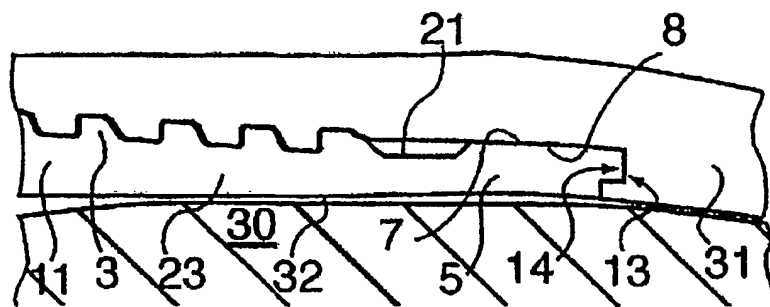


Fig 5

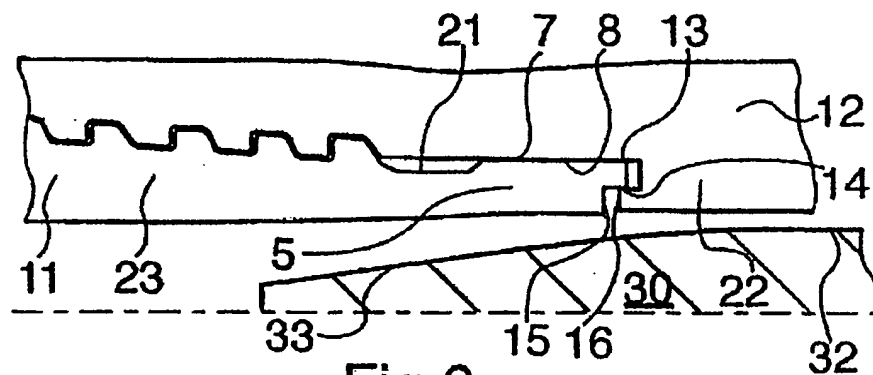


Fig 6

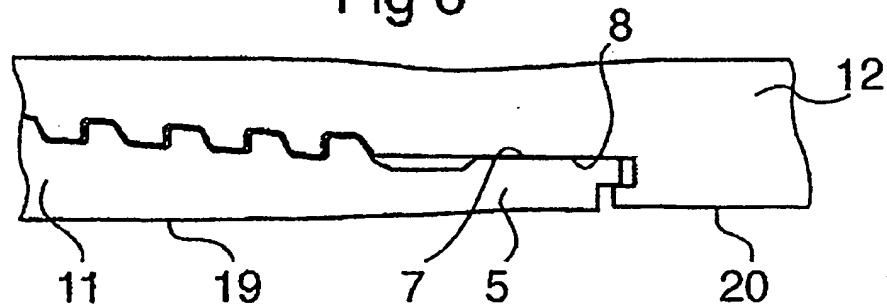


Fig 7

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR 01/02005

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 F16L15/04 F16L15/06 E21B17/042

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 F16L E21B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 99 08034 A (MARUBENI TUBULARS INC ;BANKER EDWARD O (US); KLEMENTICH ERICH F (U) 18 February 1999 (1999-02-18) cited in the application	1-10, 14-16
A	abstract; claims 1,3-5,7,8,10,20,23; figures 1,1D,2,3,9 page 9, line 10 -page 10, line 27 page 19, line 21-30	17,18
X	US 4 611 838 A (HEILMANN WOLFGANG ET AL) 16 September 1986 (1986-09-16) cited in the application abstract; claim 1; figures 1-3	1,2, 5-14,16, 17
X	US 3 870 351 A (MATSUKI NORIO) 11 March 1975 (1975-03-11) cited in the application abstract; claim 1; figures 1-3,7	1,2, 10-14,16
	--- -/-	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

### \* Special categories of cited documents:

\*A' document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

\*E' earlier document but published on or after the international filing date

\*L' document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

\*O' document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

\*P' document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T' later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X' document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y' document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

\*&' document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

24 October 2001

Date of mailing of the international search report

08/11/2001

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Maukonen, K



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR 01/02005

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1995, no. 03, 28 April 1995 (1995-04-28) & JP 06 346988 A (NIPPON STEEL CORP; OTHERS: 01), 20 December 1994 (1994-12-20) abstract page 4; figures 1,2 ---	19
P, A	WO 01 04520 A (ENVENTURE GLOBAL TECHNOLOGY LL) 18 January 2001 (2001-01-18) abstract; figures 7, 7A, 7B, 9, 10 page 13, line 12-16, 22-26 page 14, line 15-18 page 15, line 4-13 -----	20

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR 01/02005

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 9908034	A	18-02-1999	AU 8778098 A WO 9908034 A1	01-03-1999 18-02-1999
US 4611838	A	16-09-1986	DE 3207180 C1 DE 3207181 C1 DE 3207183 C1 AT 13346 T BR 8300921 A EP 0087557 A1 JP 1657543 C JP 3019434 B JP 58160687 A	28-07-1983 19-05-1983 09-06-1983 15-06-1985 16-11-1983 07-09-1983 21-04-1992 15-03-1991 24-09-1983
US 3870351	A	11-03-1975	JP 889402 C JP 48099716 A JP 52011765 B AR 218594 A1 BE 797579 A1 CA 977005 A1 CS 179983 B2 DE 2316060 A1 FR 2178948 A1 GB 1398959 A IT 981774 B NL 7304377 A , B SU 568380 A3	30-11-1977 17-12-1973 02-04-1977 30-06-1980 16-07-1973 28-10-1975 30-12-1977 18-10-1973 16-11-1973 25-06-1975 10-10-1974 02-10-1973 05-08-1977
JP 06346988	A	20-12-1994	NONE	
WO 0104520	A	18-01-2001	AU 6953700 A WO 0104520 A1	30-01-2001 18-01-2001

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale No  
PCT/FR 01/02005

<b>A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE</b> CIB 7 F16L15/04 F16L15/06 E21B17/042		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
<b>B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE</b> Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) CIB 7 F16L E21B		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data, PAJ		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS</b>		
Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	WO 99 08034 A (MARUBENI TUBULARS INC ;BANKER EDWARD O (US); KLEMENTICH ERICH F (U) 18 février 1999 (1999-02-18) cité dans la demande abrégé; revendications 1,3-5,7,8,10,20,23; figures 1,10,2,3,9 page 9, ligne 10 -page 10, ligne 27 page 19, ligne 21-30 ---	1-10, 14-16  17,18
A	--- US 4 611 838 A (HEILMANN WOLFGANG ET AL) 16 septembre 1986 (1986-09-16) cité dans la demande abrégé; revendication 1; figures 1-3 ---	1,2, 5-14,16, 17
X	--- US 3 870 351 A (MATSUKI NORIO) 11 mars 1975 (1975-03-11) cité dans la demande abrégé; revendication 1; figures 1-3,7 ---	1,2, 10-14,16
-/-		
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <span><input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents</span> <span><input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe</span> </div>		
<div style="display: flex;"> <div style="flex: 1;"> <p>* Catégories spéciales de documents cités:</p> <p>*A* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent</p> <p>*E* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date</p> <p>*L* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)</p> <p>*O* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens</p> <p>*P* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée</p> </div> <div style="flex: 1;"> <p>*T* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention</p> <p>*X* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément</p> <p>*Y* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier</p> <p>*Z* document qui fait partie de la même famille de brevets</p> </div> </div>		
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée  <div style="text-align: center; font-weight: bold;">24 octobre 2001</div>		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale  <div style="text-align: center; font-weight: bold;">08/11/2001</div>
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé  <div style="text-align: center; font-weight: bold;">Maukonen, K</div>

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale No

PCT/FR 01/02005

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	<p>PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1995, no. 03, 28 avril 1995 (1995-04-28) &amp; JP 06 346988 A (NIPPON STEEL CORP; OTHERS: 01), 20 décembre 1994 (1994-12-20) abrégé page 4; figures 1,2 ----</p>	19
P, A	<p>WO 01 04520 A (ENVENTURE GLOBAL TECHNOLOGY LL) 18 janvier 2001 (2001-01-18) abrégé; figures 7,7A,7B,9,10 page 13, ligne 12-16,22-26 page 14, ligne 15-18 page 15, ligne 4-13 -----</p>	20

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale No

PCT/FR 01/02005

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 9908034	A	18-02-1999	AU 8778098 A	01-03-1999
			WO 9908034 A1	18-02-1999
US 4611838	A	16-09-1986	DE 3207180 C1	28-07-1983
			DE 3207181 C1	19-05-1983
			DE 3207183 C1	09-06-1983
			AT 13346 T	15-06-1985
			BR 8300921 A	16-11-1983
			EP 0087557 A1	07-09-1983
			JP 1657543 C	21-04-1992
			JP 3019434 B	15-03-1991
			JP 58160687 A	24-09-1983
US 3870351	A	11-03-1975	JP 889402 C	30-11-1977
			JP 48099716 A	17-12-1973
			JP 52011765 B	02-04-1977
			AR 218594 A1	30-06-1980
			BE 797579 A1	16-07-1973
			CA 977005 A1	28-10-1975
			CS 179983 B2	30-12-1977
			DE 2316060 A1	18-10-1973
			FR 2178948 A1	16-11-1973
			GB 1398959 A	25-06-1975
			IT 981774 B	10-10-1974
			NL 7304377 A ,B	02-10-1973
			SU 568380 A3	05-08-1977
JP 06346988	A	20-12-1994	AUCUN	
WO 0104520	A	18-01-2001	AU 6953700 A	30-01-2001
			WO 0104520 A1	18-01-2001